

陈 旸, 谢修鸿, 杜鑫宇, 等. 种植年限对苹果梨园春季土壤团聚体分布的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 153–155.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.039

# 种植年限对苹果梨园春季土壤团聚体分布的影响

陈 旸<sup>1</sup>, 谢修鸿<sup>2</sup>, 杜鑫宇<sup>1</sup>, 徐同良<sup>1</sup>, 梁运江<sup>1</sup>

(1. 延边大学农学院, 吉林延吉 133002; 2. 长春大学园林学院, 吉林长春 130022)

**摘要:**为了研究延边地区果园土壤团聚体随着果树栽植年限和土层的变化, 于春季采集延边州龙井苹果梨园不同栽植年限的土壤, 按照 0~20、20~40、40~60 cm 划分层次, 采集土壤样品, 通过干筛法进行研究。结果表明, 处于开垦初期的果园土壤受到人为翻耕的影响, 分形维数较小, 结构受到破坏, 50 年和 60 年果园进入老年状态, 土壤结构趋于稳定。>10.00 mm 和 <0.25 mm 土壤团聚体含量随着土壤层次加深而不断减少。<0.25 mm 土壤团聚体含量随着栽植年限增加而降低, 0.25~10.00 mm 土壤团聚体含量随着栽植年限增加而增加。平均质量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)随着栽植年限的增加与土壤深度的增加均呈增长趋势。分形维数  $D$  随着栽植年限的增加与土壤深度的增加而逐渐减小。综上结果证明随着果树栽植年限和土壤层次的增加, 果园土壤抗侵蚀能力增强, 结构更加稳定。

**关键词:**土壤团聚体; 栽植年限; 土壤层次; 苹果梨园

**中图分类号:** S661.206<sup>+</sup>.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0153-03

苹果梨于 1921 年从朝鲜引入我国, 该品种果形扁圆, 果皮有点状红晕, 酷似苹果, 故称为苹果梨。果园土壤是果园生态系统中重要的组成部分之一, 是果树赖以生存的重要条件。果园土壤作为经济林地, 土壤质量直接影响着果实产量<sup>[1]</sup>。人为的翻耕施肥、踩踏、自然降雨等活动, 使土壤结构发生改变, 因而果园土壤受到了大量土壤研究者的关注。土壤团聚体是土壤中大小、粗细、形状不同的土粒在各种力的作用下形成的, 它是土壤的重要组成部分, 影响着土壤侵蚀、持水、板结等物理性质<sup>[2]</sup>, 还对土壤有机碳的储备能力及植物的生长有深远的影响<sup>[3]</sup>。国内外近几年的研究表明, 土壤团聚体是评价土壤质量的重要指标<sup>[4-5]</sup>, 土地的管理措施、利用方式与土壤的结构性能有着密切的联系。人为耕作、施肥等活动使土壤的属性、生物活性以及生活环境发生改变, 这对团聚体的稳定性产生影响。土壤团聚体稳定性的变化会导致土壤水分运输与保留、水土流失、土壤结壳、养分循环和粮食生产等受到重大影响<sup>[6]</sup>。对团聚体稳定性的研究通常用平均质量直径、几何平均直径、分形维数作为评价指标。分形理论(Fractal theory)是对于自然界中复杂、不规则事物进行描述的重要工具<sup>[7]</sup>。土壤的结构复杂, 其内部存在微观差异, 由于土壤是具有局部和整体相似性的结构, 因此可以采用分形几何学的理论与方法对其进行研究。本研究通过运用干筛法及分形理论对延边地区苹果梨园土壤团聚体不同粒级在不同年限、不同层次的分布与变化进行探讨, 有助于弥补对我国北方果园土壤物理性质研究的不足, 并为土壤的合理利用提供参考依据。

收稿日期: 2017-09-25

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31460117); 延边大学本科生科研立项资助项目(编号: ydbksky2017462)。

作者简介: 陈 旸(1994—), 女, 吉林磐石人, 硕士研究生, 主要从事土壤与植物营养等研究。E-mail: 419851081@qq.com。

通信作者: 梁运江, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土壤与植物营养等研究工作。E-mail: lyjluo@ybu.edu.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区域概况

延边地区处于北半球中温带, 属于中温带湿润季风气候, 受亚洲大陆和太平洋高低气压季节变化的影响, 形成了典型暗棕壤(冷凉淋溶土)。山地环绕以及东临日本海, 使其有冬暖夏凉的气候特点。气候和地理位置的特殊性, 为苹果梨提供了有利的生长环境。龙井市位于延边州东南部, 是延边州下辖的一个县级市。采样点位于龙井市延边华龙果树农场苹果梨园(41°59'N~44°30'N, 127°27'E~131°18'E)。平均降水量为 400~650 mm, 海拔高度 280 m 左右。

### 1.2 土壤样品的采集与分析

于 2015 年 5 月, 在栽植年限为 11、25、40、50、60 年的苹果梨园, 按五点取样法选取代表性果树 5 株, 避开施肥点, 距离树干 1 m 处设置采样点, 挖取 0~20、20~40、40~60 cm 土层的原状土, 分别放入塑料盒内。

根据沙维诺夫法将土块延其自然结构裂隙掰成 10~12 cm 直径的小块, 风干后采用干筛法对团聚体进行测定<sup>[8]</sup>。将取回的土样平铺于通风处, 取风干土样 1.5 kg 左右, 每次取 100~200 g 左右装入一套直径为 20 cm, 孔径依次为 10.00、7.00、5.00、3.00、2.00、1.00、0.50、0.25 mm 的筛组(上方有盖, 下方有底)。筛完后分成 >10.00、7.00~10.00、5.00~7.00、3.00~5.00、2.00~3.00、1.00~2.00、0.50~1.00、0.25~0.50、<0.25 mm 的粒级, 测定每个粒级的风干土样的质量, 并计算出各级干筛团聚体的百分含量。

### 1.3 土壤团聚体的评价方法

1.3.1 分形维数  $D$  团聚体分形维数  $D$  的计算使用吴艳军等推导的公式<sup>[9]</sup>:

$$D = 3 - \lg(M_i/M_0) / \lg(\bar{d}_i/\bar{d}_{\max})$$

式中:  $D$  为分形维数;  $M_i$  为小于  $d_i$  (两颗粒中最大粒径) 的累积土粒含量,  $M_0$  为各粒级质量的总和(一般为 100);  $\bar{d}_i$  为两

颗粒粒径平均值; $\bar{d}_{\max}$ 为最大颗粒平均直径。以  $\lg(\bar{d}_i/\bar{d}_{\max})$  和  $\lg(M_i/M_0)$  分别为横坐标、纵坐标作图,3 减每项回归分析的斜率即为分形维数  $D$ 。

1.3.2 团聚体平均质量直径和团聚体几何平均直径 平均质量直径(MWD)是一定粒级团聚体的质量百分比  $w_i$  乘以这一粒级的平均直径 $\bar{x}_i$ ,并用所有测得粒级的上述乘积之和除以所有粒级质量百分比之和。几何平均直径(GMD)的算法是一定粒级团粒的质量乘以这一粒级平均直径的对数,所有测得粒级上述乘积之和除以样品的总质量,以此数为 e 的幂,得出几何平均直径<sup>[10]</sup>。

$$\text{MWD} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i};$$
$$\text{GMD} = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^n w_i \ln \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n w_i}\right)。$$

式中: $w_i$  为各级团聚体质量百分比, $\bar{x}_i$  为各级团聚体直径(mm)。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 11.5 软件和 Excel 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 栽植年限与层次对苹果梨园土壤团聚体分布的影响

土壤团聚体稳定性是评价其质量高低的重要指标,其中具有抵抗外力影响的团聚体被称为机械稳定性团聚体。通过干筛法可测得各粒级团聚体的含量,可评价团聚体的机械稳定性。从环境学的角度来看,表层土壤中 >10.00 mm 的团聚体具有抗风蚀的重要作用。表 1、表 2、表 3 为果园土壤在不同栽植年限中、不同层次土壤通过干筛法测得的团聚体分布。

表 1 不同栽植年限 0 ~ 20 cm 土层果园团聚体组成百分含量

栽植年限 (年)	团聚体含量(%)								
	>10 mm	7.00 ~ 10.00 mm	5.00 ~ 7.00 mm	3.00 ~ 5.00 mm	2.00 ~ 3.00 mm	1.00 ~ 2.00 mm	0.50 ~ 1.00 mm	0.25 ~ 0.50 mm	<0.25 mm
11	22.3 ± 1.3d	8.2 ± 0.7c	7.7 ± 0.9c	10.6 ± 0.7c	8.4 ± 0.6a	9.7 ± 0.5a	20.9 ± 2.6b	9.6 ± 0.6a	5.6 ± 0.4a
25	5.9 ± 0.3a	4.9 ± 0.1ab	4.6 ± 0.1a	9.2 ± 0.9b	8.0 ± 1.4a	10.1 ± 0.5a	26.7 ± 0.8c	22.6 ± 1.4b	4.1 ± 0.5d
40	6.4 ± 0.2a	4.4 ± 0.2a	3.8 ± 0.1a	8.5 ± 0.5a	9.3 ± 0.7b	11.8 ± 0.2b	27.9 ± 2.3c	21.0 ± 1.1b	3.9 ± 0.0c
50	22.8 ± 1.9c	8.9 ± 0.1d	8.7 ± 0.3d	12.1 ± 0.4d	9.8 ± 0.2a	9.5 ± 0.2a	14.5 ± 0.5a	10.3 ± 0.1a	2.3 ± 0.3b
60	9.7 ± 0.81b	5.5 ± 0.2b	6.4 ± 0.5b	12.9 ± 0.1e	11.6 ± 0.2c	14.2 ± 0.3c	21.8 ± 0.4b	12.3 ± 1.2a	2.5 ± 0.3b

注:表中数据为“平均数 ± 标准差”。同列数据后不同小写字母表示经 Duncan’s 新复极差法检验在  $\alpha = 0.05$  水平差异显著。下表同。

表 2 不同栽植年限 20 ~ 40 cm 土层果园团聚体组成百分含量

栽植年限 (年)	团聚体含量(%)								
	>10 mm	7.00 ~ 10.00 mm	5.00 ~ 7.00 mm	3.00 ~ 5.00 mm	2.00 ~ 3.00 mm	1.00 ~ 2.00 mm	0.50 ~ 1.00 mm	0.25 ~ 0.50 mm	<0.25 mm
11	23.7 ± 0.3d	9.1 ± 0.0d	10.2 ± 0.1d	21.5 ± 0.4c	14.0 ± 0.0c	10.2 ± 0.2b	7.8 ± 0.2a	2.8 ± 0.1a	2.7 ± 0.0a
25	2.8 ± 0.9a	6.3 ± 0.3a	7.0 ± 0.2a	26.1 ± 0.1e	14.3 ± 0.0d	14.3 ± 0.6d	18.4 ± 1.4e	8.9 ± 0.8d	2.2 ± 0.0c
40	13.6 ± 0.5c	8.8 ± 0.3cd	10.3 ± 0.0d	17.9 ± 1.0b	13.4 ± 0.1b	9.4 ± 0.3a	15.6 ± 0.7d	9.1 ± 0.9d	2.1 ± 0.2c
50	28.9 ± 0.2e	8.5 ± 0.4c	8.8 ± 0.1c	15.5 ± 0.1a	11.5 ± 0.2a	9.3 ± 0.3a	11.0 ± 1.5b	5.1 ± 0.3b	1.8 ± 0.1b
60	8.8 ± 1.3b	6.7 ± 0.5b	7.9 ± 1.2b	24.0 ± 1.7d	17.4 ± 0.2e	13.8 ± 0.0c	12.9 ± 0.6c	6.3 ± 0.4c	2.2 ± 0.1d

表 3 不同栽植年限 40 ~ 60 cm 土层果园团聚体组成百分含量

栽植年限 (年)	团聚体含量(%)								
	>10 mm	7.00 ~ 10.00 mm	5.00 ~ 7.00 mm	3.00 ~ 5.00 mm	2.00 ~ 3.00 mm	1.00 ~ 2.00 mm	0.50 ~ 1.00 mm	0.25 ~ 0.50 mm	<0.25 mm
11	20.0 ± 1.5d	7.2 ± 0.1b	11.4 ± 0.5b	22.8 ± 0.1b	14.2 ± 0.1b	10.1 ± 0.1b	11.3 ± 0.1c	2.2 ± 0.0b	1.9 ± 0.1a
25	4.0 ± 0.1a	6.1 ± 0.1a	9.4 ± 0.4a	25.4 ± 1.8c	17.3 ± 0.7d	14.6 ± 0.2d	15.0 ± 0.0d	6.1 ± 0.6d	1.9 ± 0.2d
40	9.1 ± 0.0b	5.7 ± 0.6a	13.7 ± 0.5d	30.5 ± 0.8e	16.6 ± 0.3c	13.5 ± 1.2c	7.3 ± 0.9a	2.6 ± 0.4c	1.1 ± 0.3bc
50	38.0 ± 0.5e	11.3 ± 0.8d	9.2 ± 0.4a	16.6 ± 0.7a	6.6 ± 0.4a	7.4 ± 0.2a	8.4 ± 1.3b	1.4 ± 0.1a	1.0 ± 0.3ab
60	11.5 ± 0.8c	9.5 ± 0.0c	12.7 ± 0.1c	27.5 ± 1.0d	16.7 ± 0.4c	10.2 ± 0.2b	7.9 ± 0.7ab	2.5 ± 0.3c	1.4 ± 0.3c

可以看出,>10.00 mm 的团聚体以栽植年限为 50 年土壤最大,在不同层次中所占含量均大于 22%,在 40 ~ 60 cm 层次中达到了 38.0%,与其他年限土壤差异显著,说明此年限土壤团聚体的机械稳定性最好。在 <10 mm 的粒级中,3.00 ~ 5.00 mm 的粒级在 20 cm 以下的土层中均为第一优势组分,在栽植 11 年、25 年和 60 年里的含量在 21% ~ 28% 之间。0.5 ~ 1.0 mm 的粒级在上部 0 ~ 20 cm 的土层中为第一优势组分,在栽植 11 年、25 年和 60 年里的含量在 20% ~ 27% 之间。由于栽植 50 年的果园土壤在各层次中大于 10 mm 的粒级含量最高,导致 20 cm 以下土层中 3.00 ~ 5.00 mm 粒级及 0 ~ 20 cm 中 0.50 ~ 1.00 mm 的粒级含量较其他栽植年限的含量少。在 11 ~ 40 年之间 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm 等 3 个层次中 >10.00 mm 的团聚体变化均呈现先减小后增加的变化趋势,且在栽植年限为 25 年时达到最小值。0.25 ~ 10.00 mm 团聚体是土壤在生物、化学、物理综合作用后的结果。<0.25 mm 的团聚体称为微团聚体,其含量在不同层次中均最小,也随着栽植年限的增加,含量不断减少。说明果树的栽植导致土壤中 <0.25 mm 微团聚体的含量逐年降低,也使得 >0.25 mm 团聚体含量逐年增加,使果园土壤的稳定性随着果树栽植年限的增加而得到日益改善。

2.2 栽植年限对果园团聚体平均质量直径和几何平均直径的影响

平均质量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)是判断土壤团聚体大小分布状况的常用指标,影响着土壤团聚度、结构稳定性以及土壤抗蚀性。由图 1、图 2 可以看出,平均质量直

径和几何平均直径变化趋势随着栽植年限的增加呈倒“N”形变化,在栽植 25 年时达到最小值,在栽植 50 年达到最大值。在栽植 25~60 年中,平均质量直径和几何平均直径的变化均随着土层深度的增加而增大。说明根系生长旺盛的土层对土壤的结构稳定性、抗侵蚀能力有促进作用。栽植年限的增加使土壤结构更加稳定,抗侵蚀能力提高。在栽植 50 年和 60 年的果园土壤中,随着土壤层次的增加,平均质量直径依次递增 17%,几何平均直径依次递增 13%。这是因为果树已经进入老年状态,果实产量降低,使人们减少对该年限果园的耕作,土壤结构变化趋于稳定。

### 2.3 栽植年限对果园团聚体分形维数 $D$ 的影响

土壤团聚体的形成与变化过程是由多重因素相互作用的结果,许多研究表明土壤团聚体具有分形特征,可以利用分形维数来描述其分布状态<sup>[11]</sup>。不同栽植年限中土壤颗粒分布的分形维数在不同深度的土壤剖面变化规律见图 3。从图中可以看出,0~20、20~40 cm 的分形维数随着栽植年限的增长

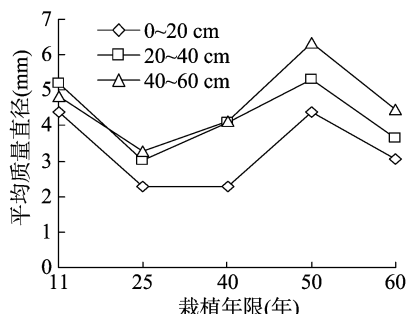


图1 平均质量直径随栽植年限的变化

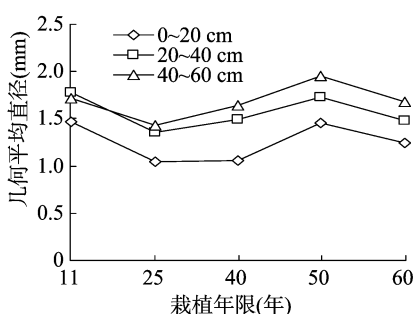


图2 几何平均直径随栽植年限的变化

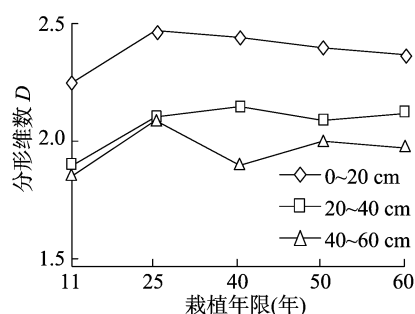


图3 土壤剖面分形维数变化

## 3 结论

果园土壤在栽植 25~60 年中,随着栽植年限的增长,<0.25 mm 的团聚体含量呈降低趋势,0.25~10.00 mm 的团聚体含量呈增加趋势。栽植 50 年的果园中>10.00 mm 的团聚体含量最大。在栽植 25~50 年中,平均质量直径和几何平均直径随年限增长也逐年加大,50 年和 60 年的果园土壤随着土壤层次增加平均质量直径依次递增 17%,几何平均直径依次递增 13%。分形维数  $D$  随着年限的增长而平稳下降。

随着土壤深度的增加,果园土壤<0.25 mm 的团聚体含量不断减少,平均质量直径和几何平均直径呈上升趋势。3.00~5.00 mm 的团聚体在 20 cm 以下的土层中为第一优势组分,含量在 21%~28% 之间;0.50~1.00 mm 的团聚体在上部 0~20 cm 的土层中为第一优势组分,含量在 20%~27% 之间。分形维数  $D$  随着土壤深度增加而降低。

开垦初期 11 年果园的分形维数小于其他栽植年限,最小值为 1.85。50 年和 60 年果园进入老年状态,土壤结构变化趋于稳定。

### 参考文献:

- [1] 武雪萍,刘国顺,郭平毅,等. 饼肥中的有机营养物质及其在发酵过程中的变化[J]. 植物营养与肥料学报,2003(3):303-307.
- [2] 刘敏英,郑子成,李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体的分布特征及稳定性研究[J]. 茶叶科学,2012,32(5):402-410.
- [3] 彭新华,张斌,赵其国. 红壤侵蚀裸地植被恢复及土壤有机碳对

呈倒“V”形变化,40~60 cm 的分形维数呈“N”形变化。在 0~20、40~60 cm 土层,栽植年限为 25 时分形维数最大,20~40 cm 土层则是栽植年限为 40 时分形维数最大。各层次的分形维数均在栽植 11 年的果园土壤达到最小值,40~60 cm 土层的分形维数最小,为 1.85,这是由于果树处于开垦初期,人为的翻耕土壤、施肥等活动对该年限土壤结构产生影响。同一栽植年限土壤团聚体的分形维数随深度增加逐渐减小,说明果树的栽植对团聚体的影响随着深度增加而增加。这与刘阳等研究结果<sup>[12]</sup>基本一致。但王贤等研究重庆四面山几种林地土壤颗粒分形特征时发现土壤颗粒分布分形维数的变化随着土层深度增加而呈增大的趋势<sup>[13]</sup>,本研究结论与之相反。这可能与植物的种植、土壤的翻耕作用有关。延边地区位于温带地区,具有独特的低温近似海洋性大陆季风气候,土壤矿物风化程度较小。而重庆地区位于亚热带,气温较高,降水量大,岩石风化作用强烈,导致下层土壤黏粒含量高,使颗粒分布分形维数增大。

团聚体稳定性的影响[J]. 生态学报,2003,23(10):2176-2183.

- [4] Jha P, Garg N, Lakaria B L, et al. Soil and residue carbon mineralization as affected by soil aggregate size[J]. Soil and Tillage Research,2012,121:57-62.
- [5] 刘文利,吴景贵,傅民杰,等. 种植年限对果园土壤团聚体分布与稳定性的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(1):129-135.
- [6] 任镇江,罗友进,魏朝富. 农田土壤团聚体研究进展[J]. 安徽农业科学,2011,39(2):1101-1105.
- [7] 鲁植雄,张维强,潘君拯. 分形理论及其在农业土壤中的应用[J]. 土壤学进展,1994,22(5):40-45,35.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社,1978:77-88.
- [9] 吴艳军,樊文华,杨静文,等. 不同土壤团聚体及其有机碳库的分布特征[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2013,33(6):461-466.
- [10] Salako F K, Hauser S. Influence of different fallow management systems on stability of soil aggregates in southern Nigeria[J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis,2001,32(9):1483-1498.
- [11] Young M, Crawford J W, Rappoldt C. New methods and models for characterizing structural heterogeneity of soil[J]. Soil & Tillage Research,2001,61(1):33-45.
- [12] 刘阳,陈波,杨新兵,等. 冀北山地典型森林土壤颗粒分形特征[J]. 水土保持学报,2012,26(3):159-163,168.
- [13] 王贤,张洪江,程金花,等. 重庆四面山几种林地土壤颗粒分形特征及其影响因素[J]. 水土保持学报,2011,25(3):154-159.